

ИССЛЕДОВАНИЕ ФОРМИРОВАНИЯ НАНОСТРУКТУР В ИОННО-ИМПЛАНТИРОВАННОЙ РТ МЕТОДОМ ПОЛЕВОЙ ИОННОЙ МИКРОСКОПИИ

Медведева Е. В.

Руководитель – профессор, д.ф.-м.н, Ивченко В.А.
Институт электрофизики УрО РАН, г. Екатеринбург
lena@iep.uran.ru

В работе приведены результаты изучения приповерхностных объемов чистой (99,99 %) Pt, облученной ускоренными пучками газовых ионов Ar^+ методом полевой ионной микроскопии (ПИМ). ПИМ позволяет непосредственно изучать атомно-чистую поверхность и анализировать объект исследования в приповерхностном объеме с пространственным разрешением отдельных поверхностных атомов и таким образом однозначно определять полученные на поверхности и в приповерхностном объеме структурные изменения и новые, возникшие под влиянием дозированного имплантационного воздействия, кристаллические структуры.

Облучение игольчатых образцов (с радиусом кривизны вершины 10–30 нм), предварительно аттестованных в полевом ионном микроскопе, проводилось ионами Ar^+ с энергией 30 кэВ до флюенсов $F=10^{16} - 10^{18}$ ион/см² и плотностью ионного тока $j=150-200$ мкА/см². Бомбардировка производилась в направлении, параллельном оси образца-острия.

В результате проведенных методом ПИМ исследований в ионно-имплантированной платине обнаружен эффект наноструктурирования, как поверхности, так и приповерхностного объема материала. Это явление распространяется по объему металла в зависимости от флюенса ($F = 10^{16} - 10^{18}$ ион/см²) положительных ионов аргона при энергии 30 кэВ. Определены размеры блоков-нанозерен как на облученной поверхности Pt, так и в приповерхностном объеме материала. Приведенные гистограммы (рис. 1, 2), отражают распределение блоков по размерам в зависимости от расстояния от облученной поверхности в модифицированном объеме Pt и флюенса облучения. Можно полагать, что формирование наноструктурных состояний в приповерхностном объеме облученного ионами материала приведет к существенному повышению физических и механических свойств подвергнутых ионной имплантации веществ.

Показано, что повышение флюенса до $F = 10^{18}$ ион/см² не только приводит к увеличению глубины наноструктурированного слоя до 60 нм, но и инициирует образование вакансионных нанопор в приповерхностном объеме. Результаты количественного анализа показали, что нанопоры имели как сферическую, так и цилиндрическую форму. Согласно нашей оценке их размеры в диаметре составляли от 1 до 5 нм. Размер нанопор по глубине – от 1 до 9 нм. Последовательное испарение электрическим полем поверхностных атомных слоев позволило выявить специфические особенности образования пор. В частности, получена информация о концентрации пор и их распределении в приповерхностном объеме облученного материала.

Установлено, что 40 % пор сосредоточено в приповерхностном слое толщиной 10 нм, далее количество пор уменьшается по логарифмической зависимости. Известно, что такое радиационно-стимулированное порообразование может приводить к ухудшению поверхностных свойств материала.

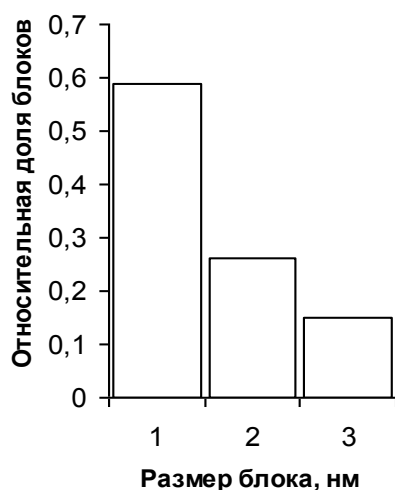


Рис. 1. Распределение наноблоков по размерам в модифицированном объеме ($V \approx 250 \text{ нм}^3$, 1,5 нм по глубине) платины, облученной ионами Ag^+ ($F=10^{16} \text{ ион/см}^2$)

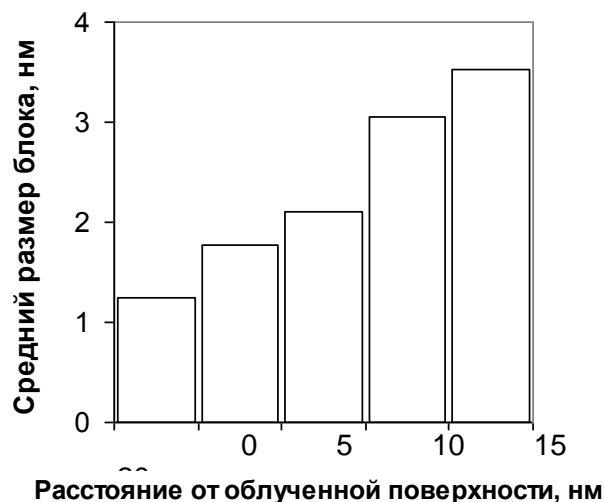


Рис. 2. Изменение размеров блоков по глубине сечения от облученной поверхности платины, облученной ионами аргона до флюенса $F=10^{17} \text{ ион/см}^2$

Таким образом в результате работы обнаружено, что оптимальным режимом для создания наноструктурированного приповерхностного слоя в ионно-имплантированной платине является облучение до флюенса $F=10^{17} \text{ ион/см}^2$ ($E=30 \text{ кэВ}$, $j=200 \text{ мкА/см}^2$). При установленном режиме облучения формирование наноблочной структуры наблюдается на расстояниях не менее 20 нм от облученной поверхности и не сопровождается образованием вакансионных пор. Получение таких наноструктурных состояний может оказаться перспективным для создания покрытий с необходимыми поверхностными свойствами.

Работа выполнена при поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (грант № 07-02-00722-а) и Уральского отделения РАН (Программа ОФН РАН «Физика новых материалов и структур» и грант молодых ученых и аспирантов).